

## 薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法

### 発明の背景

#### 発明の分野

本発明は、薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法に関し、特に書込用の誘導型磁気変換素子と読取用の磁気抵抗再生素子とを積層して構成される複合型薄膜磁気ヘッドのうち、書込用の薄膜磁気ヘッドの性能向上を図る技術に関するものである。

#### 関連技術の説明

近年ハードディスク装置の面記録密度の向上に伴って薄膜磁気ヘッドの性能向上が求められている。読取用ヘッドの性能向上に関しては、磁気抵抗効果を利用した再生素子が広く用いられている。この磁気抵抗効果を利用した再生素子としては、異方性磁気抵抗（AMR）効果を利用したAMR再生素子が従来一般に使用されてきたが、これよりも抵抗変化率が数倍も大きな巨大磁気抵抗（GMR）効果を用いたGMR再生素子も開発されている。本明細書では、これらAMR再生素子およびGMR再生素子を総称して磁気抵抗再生素子またはMR再生素子と称することにする。AMR再生素子を使用することにより数ギガビット/インチ<sup>2</sup>の面記録密度を実現することができ、さらに面記録密度を上げるためにGMR再生素子を使用することが提案されている。このように面記録密度を高くすることにより、10Gバイト以上の大容量を有し、しかも小型のハードディスク装置の実現が可能となってきている。

このような磁気抵抗素子より成る読取ヘッドの性能を決定する要因の一つとして磁気抵抗素子の高さがある。この高さは一般にMRハイトと呼ばれており、ここではMRHと称する。このMRハイトMRHは、側縁がエアベアリング面に露出する磁気抵抗素子の、エアベアリング面から測った距離であり、薄膜磁気ヘッドの製造過程においては、エアベアリング面を研磨して形成する際の研磨量を制御することによって所望のMRハイトMRHを得るようにしている。

一方、書込用の薄膜磁気ヘッドの性能向上も求められている。面記録密度を上げるために、磁気記録媒体でのトラック密度を上げる必要がある。このために

は、エアベアリング面におけるライトギャップの幅を数ミクロンからサブミクロンオーダーまで狭くする必要があり、これには半導体加工技術を利用するすることが提案されている。特に、書き込み用薄膜磁気ヘッドの性能を決定する要因の一つとしてスロートハイトTHがある。これはエアベアリング面から薄膜コイルを電気的に分離している絶縁層のエッジまでの磁極部分の距離であり、この距離をできるだけ短くすることが望まれている。このスロートハイトTHの縮小化もまた、エアベアリング面からの研磨量で決定される。

上述したように書き込み用の誘導型薄膜磁気ヘッドと、読み取り用の磁気ヘッドとを積層した複合型薄膜磁気ヘッドの性能を向上させるためには、記録ヘッドおよび再生ヘッドをバランス良く形成することが重要である。

図1 a および 1 b ~ 9 a および 9 b は、従来の標準的な薄膜磁気ヘッドの順次の製造工程を示すエアベアリング面に垂直な断面図および磁極部分をエアベアリング面に平行に切った断面図である。また図10~12はそれぞれ、完成した従来の薄膜磁気ヘッドの、エアベアリング面に垂直に切って示す断面図、磁極部分をエアベアリング面に平行に切って示す断面図および平面図である。なおこの例の薄膜磁気ヘッドは、誘導型の書き込み用薄膜磁気ヘッドおよび読み取り用のMR再生素子を積層した複合型薄膜磁気ヘッドである。

まず、図1 a および 1 b に示すように、例えばAlTiC のような非磁性かつ硬質な材料からなる基体1の上に例えばアルミナ( $Al_2O_3$ ) からなる絶縁層2を約5~10  $\mu m$  の厚みに堆積する。

ついで、図2 a および 2 b に示すように、再生ヘッドのMR再生素子を外部磁界の影響から保護する磁気シールドを構成する下部シールド層3を3  $\mu m$  の厚みで形成する。

その後、図3 a および 3 b に示すように、シールドギャップ層4として、アルミナを100~150 nmの厚みでスパッタ堆積させたのち、MR再生素子を構成する磁気抵抗効果を有する材料よりなる磁気抵抗層5を数十nmの厚みに形成し、高精度のマスクアライメントで所望の形状とする。

続いて、図4 a および 4 b に示すように、再度、シールドギャップ層6を形成して、磁気抵抗層5をシールドギャップ層4, 6内に埋設する。

次に、図5 a および 5 b に示すように、パーマロイよりなる磁性層7を3  $\mu$ mの膜厚に形成する。この磁性層7は、上述した下部シールド層3と共にMR再生素子を磁気遮蔽する上部シールド層の機能を有するだけでなく、書込用薄膜磁気ヘッドの下部磁性層としての機能をも有するものである。ここでは説明の便宜上、この磁性層7を書込用磁気ヘッドを構成する一方の磁性層であることに注目して第1の磁性層と称することにする。

ついで、第1の磁性層7の上に、非磁性材料、例えばアルミナよりなるライトギャップ層8を約200 nmの膜厚に形成したのち、例えばパーマロイ (Ni: 50wt%、Fe: 50wt%) や窒化鉄 (FeN) のような高飽和磁束密度材料からなる第2の磁性層9を形成し、高精度のマスクアライメントで所望の形状とする。

所定の形状に成形された第2の磁性層9は、ポールチップと呼ばれ、この幅Wでトラック幅が規定される。

この際、下部ポール（第1の磁性層）と後に形成する上部ポール（第3の磁性層）を接続するためのダミーパターン9'を同時に形成すると、機械的研磨または化学-機械的研磨 (CMP) 後のスルーホールの開口を容易にできる。

そして、実効書込トラック幅の広がりを防止するため、すなわちデータの書込時に、下部ポールにおいて磁束が広がるのを防止するために、ポールチップ9の周囲のギャップ層8と下部ポール（第1の磁性層）7をイオンミリング等のイオンビームエッティングにてエッティングする。その状態を図5 b に示したが、この構造をトリムといい、この部分が第1の磁性層の磁極部分となる。

次に、図6 a および 6 b に示すように、絶縁層である例えばアルミナ膜10をおよそ3  $\mu$ mの厚みに形成後、全体を例えばCMPにて平坦化する。

その後、電気絶縁性のフォトレジスト層11を高精度のマスクアライメントで所定のパターンに形成したのち、このフォトレジスト層11の上に、例えば銅よりなる第1層目の薄膜コイル12を形成する。

続いて、図7 a および 7 b に示すように、薄膜コイル12上に再度、高精度のマスクアライメントにより、絶縁性のフォトレジスト層13を形成後、表面を平坦にするため、例えば250~300 °Cの温度で焼成する。

さらに、図8 a および 8 b に示すように、このフォトレジスト層13の平坦化表

面の上に、第2層目の薄膜コイル14を形成する。ついで、この第2層目の薄膜コイル14の上に高精度マスクアライメントでフォトレジスト層15を形成した後、再度表面を平坦化するために、例えば250°Cで焼成する。

上述したように、フォトレジスト層11, 13および15を高精度のマスクアライメントで形成する理由は、フォトレジスト層の磁極部分側の端縁を基準位置としてスロートハイトやMRハイトを規定しているためである。

次に、図9aおよび9bに示すように、第2の磁性層（ポールチップ）9およびフォトレジスト層11, 13および15の上に、例えばパーマロイよりなる第3の磁性層16を3μmの厚みで所望のパターンに従って選択的に形成する。

この第3の磁性層16は、磁極部分から離れた後方位置において、ダミーパターン9'を介して第1の磁性層7と接触し、第1および第2, 3の磁性層によって構成される閉磁路を薄膜コイル12, 14が通り抜ける構造になっている。

さらに、第3の磁性層16の露出表面の上にアルミナよりなるオーバーコート層17を堆積する。

最後に、磁気抵抗層5やギャップ層8を形成した側面を研磨して、磁気記録媒体と対向するエアベアリング面（ABS）18を形成する。このエアベアリング面18の形成過程において磁気抵抗層5も研磨され、MR再生素子19が得られる。このようにして上述したスロートハイトTHおよびMRハイトMRHが決定される。その様子を図10に示す。実際の薄膜磁気ヘッドにおいては、薄膜コイル12, 14およびMR再生素子19に対する電気的接続を行なうための導体や接点パッドが形成されているが、図示は省略してある。

図10に示したように、薄膜コイル12, 14を絶縁分離するフォトレジスト層11, 13, 15の側面の角部を結ぶ線分Sと第3の磁性層16の上面とのなす角度θはアペックスアングルと呼ばれ、上述したスロートハイトTHおよびMRハイトMRHと共に、薄膜磁気ヘッドの性能を決定する重要なファクタとなっている。

また、図12の平面図に示すように、第2の磁性層9および第3の磁性層16の磁極部分20の幅Wは狭くなってしまい、この幅によって磁気記録媒体に記録されるトラックの幅が規定されるので、高い面記録密度を実現するためには、この幅Wをできるだけ狭くする必要がある。なお、この図では、図面を簡単にするために、薄

膜コイル12, 14は同心円状に示してある。

さて、従来、薄膜磁気ヘッドの形成において、とくに問題となっていたのは、コイル形成後、フォトレジスト絶縁層でカバーされた山状に盛り上がったコイル部とくにその傾斜部（Apex）に沿って形成される上部ポール（ヨークポール）の微細形成の難しさである。すなわち、従来は、上部ポールを形成する際、約7～10  $\mu$ m の高さの山状コイル部の上にパーマロイ等の上部ポール用材料をめっきしたのち、フォトレジストを3～4  $\mu$ m の厚みで塗布し、その後フォトリソグラフィー技術を利用して所定のパターン形成を行っていた。ここに、山状コイル部の上のレジストでパターニングされるレジスト膜厚として、最低3  $\mu$ m が必要であるとすると、傾斜部の下方には8～10  $\mu$ m 程度の厚みのフォトレジストが塗布されることになる。

一方、このような10  $\mu$ m 程度の高低差がある山状コイル部の表面および平坦面上に形成されたライトギャップ層の上に形成される上部ポールは、フォトレジスト絶縁層（例えば図7の11, 13）のエッジ近傍に記録ヘッドの狭トラックを形成する必要があるため、上部ポールをおよそ1  $\mu$ m 幅にパターン形成する必要がある。従って、8～10  $\mu$ m の厚みのフォトレジスト膜で、1  $\mu$ m 幅のパターンを形成する必要が生じる。

しかしながら、8～10  $\mu$ m のように厚いフォトレジスト膜で、1  $\mu$ m 幅程度の狭幅パターンを形成しようとしても、フォトリソグラフィーの露光時に光の反射によるパターンくずれ等が発生したり、レジスト厚みが厚いことに起因して解像度の低下が余儀なくされるため、正確に狭トラック形成のトップポールをパターン形成することは極めて難しかったのである。

そこで、前掲した従来例にも示したとおり、記録ヘッドの狭トラック幅形成が可能なポールチップでデーターの書き込みを行うものとして、かかるポールチップを形成後、このポールチップに上部ポールを接続することにより、換言すると、トラック幅を決めるポールチップと磁束を誘導する上部ポールとに2分割した構造とすることにより、上記の問題が有利に改善されたのである。

しかしながら、上記のようにして形成された薄膜磁気ヘッド、特に記録ヘッドには、依然として、以下に述べるような問題が残されていた。

(1) スロートハイトTHやMRハイトMRHは、薄膜コイルを絶縁分離する絶縁層の磁極部分側の端縁を基準として決定されるが、この絶縁層は通常、フォトレジスト有機絶縁層で形成されることから、熱に弱い。このため、薄膜コイルの形成時に付加される 250°C 程度の熱処理によって溶融または軟化し、絶縁層のパターン寸法が変動する恐れがある。さらに、スロートハイト零の基準位置は、ポールチップ9のエアベアリング面18とは反対側の端面で決まるが、上述したようにポールチップの幅Wは狭いので、ポールチップのパターンのエッジには丸味が付き、ポールチップの端面の位置が変動してしまう恐れがある。このように従来の複合型薄膜磁気ヘッドにおいては、スロートハイト零の基準位置を正確に設定できないので、所望の設計値通りのスロートハイトTHやMRハイトMRHを有する薄膜磁気ヘッドを歩留り良く製造することができなかった。

(2) ポールチップ9の表面と第3の磁性層16の表面とが連結されているが、上述したようにポールチップの幅Wを狭くする必要があるとともに磁気特性を良好なものとするためにはポールチップの長さも 1  $\mu$ m 程度に短くする必要があるため、これらの連結部分の表面積は小さく、しかも接触部が垂直に接していることもある、この部分で磁束の飽和が生じ、書き込み特性、特に磁束立ち上がり特性が劣化する問題もある。

(3) 幅Wの狭いポールチップ9の上に第3の磁性層16を形成する際のフォトリソグラフィのアライメントに誤差があると、エアベアリング面18から見て、ポールチップ9と第3の磁性層16の磁極部分20との中心がずれる可能性がある。このようにポールチップ9と第3の磁性層16の磁極部分20の中心がずれると、第3の磁性層の磁極部分からの磁束の漏れが大きくなり、この漏れ磁束でデータの書き込みが行われるようになり、実効トラック幅が広くなり、ハードディスク上の本来データを記録すべきところ以外のところにも書き込んでしまうという不具合が発生する。

#### 発明の概要

本発明は、上記の問題を有利に解決するもので、エアベアリング面に対する位置の基準となる絶縁層のパターン寸法が、薄膜コイル形成時に付加される 250°C

程度の熱処理によっても溶融または軟化せず、従って所望の設計値どおりのスロートハイドTHおよびMRハイドMRHを安定して得ることができる薄膜磁気ヘッドを提供することを目的とするものである。

また、この発明の他の目的は、ポールチップと上部ポールの接触面積を効果的に拡大して、磁極部分での磁束の飽和を解消した優れた特性を有する薄膜磁気ヘッドを提供するものである。

さらに、本発明の他の目的は、実効トラック幅の拡大や歩留りの低下を解消した薄膜磁気ヘッドを提供することである。

またさらに、この発明の他の目的は、薄膜コイル高さを有利に低減して記録ヘッドのトラック幅を低減したり、コイル巻数を効果的に増加することができる薄膜磁気ヘッドを提供することである。

本発明はさらに、上述した優れた特性を有する薄膜磁気ヘッドを正確にかつ容易に高い歩留りで製造することができる薄膜磁気ヘッドの製造方法を提供しようとするものである。

本発明による薄膜磁気ヘッドは、

磁極部分を有する第1の磁性層と、

磁気記録媒体と対向し、記録トラックの幅を規定する幅を有する磁極部分を有し、この磁極部分の端面が上記第1の磁性層の磁極部分の端面と共にエアベアリング面を構成する第2の磁性層と、

この第2の磁性層に、上記第1の磁性層側とは反対側で接触し、エアベアリング面から離れた後方位置において第1の磁性層と磁気的に連結された第3の磁性層と、

少なくとも上記エアベアリング面において第1の磁性層の磁極部分と第2の磁性層の磁極部分との間に介挿された非磁性材料よりなるギャップ層と、

上記第1の磁性層と第2および第3の磁性層との間に、絶縁材料によって絶縁分離された状態で支持された部分を有する薄膜コイルと、

上記第1、第2および第3の磁性層、ギャップ層および薄膜コイルを支持する基体と、

を具える薄膜磁気ヘッドであって、

上記第1の磁性層上に、磁極部分側の端縁が、エアベアリング面に対する基準位置となる部分を少なくとも有する帯状またはストリップ状の絶縁層を設け、少なくともこの絶縁層の第1の磁性層とは反対側の表面を上記ギャップ層を形成する非磁性薄膜層で被覆し、上記帯状絶縁層の後方領域に上記薄膜コイルを配設したものである。

本発明による薄膜磁気ヘッドにおいては、前記第2の磁性層の表面のみにおいて第3の磁性層と結合する様や、第2の磁性層の表面および側面において第3の磁性層と結合する様や、第2の磁性層の表面、側面および端面と第3の磁性層とを結合する様が考えられる。

本発明によれば、前記帯状絶縁層の平面形状は種々のものが考えられるが、リング状とし、このリング状絶縁層の内部領域に前記薄膜コイルを配設するのが特に好適である。また、帯状の絶縁層は、アルミナ、酸化シリコン、窒化シリコンなどの無機絶縁材料で形成するのが好適である。

さらに本発明による薄膜磁気ヘッドの好適な実施例においては、前記第2の磁性層を、第1の磁性層の磁極部分だけでなく、磁極部分よりも後方の帯状絶縁層の上まで延在させて設ける。この場合、第2の磁性層の幅を、帯状絶縁層の上で次第に広げるのが好適である。また、この第2の磁性層の後方部分の広がり角度は第3の磁性層の広がり角度と一致させるのが好適であるが、その角度は30～180°とすることができる。

さらに、本発明による薄膜磁気ヘッドにおいては、前記第2の磁性層を、パマロイ(Ni:50Wt%，Fe:50Wt%)や窒化鉄(FeN)やFe-Cr-Zr系アモルファス合金やFe-C系アモルファス合金などの特に飽和磁束密度が高い材料で形成するのが好適である。

また、本発明による薄膜磁気ヘッドの好適な実施例においては、前記第3の磁性層の先端部をエアベアリング面から後退させ、この第3の磁性層と第2の磁性層との接触部がエアベアリング面に露出しないように構成する。この場合、第3の磁性層の端面をエアベアリング面からほぼスロートハイドTHに等しい距離だけ後退させるのが好適である。

さらに、本発明による薄膜磁気ヘッドの好適な実施例においては、前記基体と

第1の磁性層との間に、電気的に絶縁されると共に磁気的に遮蔽された読取用の磁気抵抗再生素子を、その端面が上記エアベアリング面に露出するように配設して複合型薄膜磁気ヘッドとして構成する。

本発明による薄膜磁気ヘッドの製造方法は、

磁極部分を有する第1の磁性層を基体によって支持されるように形成する工程と、

上記第1の磁性層の上に、磁極部分側の端縁がエアベアリング面に対する基準位置となる部分を少なくとも有する帯状の絶縁層を形成する工程と、

上記第1の磁性層の磁極部分および帯状絶縁層の上に、非磁性材料よりなるギャップ層を形成する工程と、

前記ギャップ層の、少なくとも第1の磁極部分の上にある部分の上に、第2の磁性層を形成する工程と、

上記帯状絶縁層のエアベアリング面とは反対側の後方領域に、絶縁材料により絶縁分離された状態で支持された薄膜コイルを形成する工程と、

上記第2の磁性層と結合すると共に、上記第1の磁性層と、上記エアベアリング面とは反対側の後方位置において結合する第3の磁性層を形成する工程と、

上記基体、第1および第2の磁性層の磁極部分およびこれらによって挟まれたギャップ層を研磨して磁気記録媒体と対向するエアベアリング面を形成する工程と、

を含むものである。

本発明による薄膜磁気ヘッドの製造方法においては、前記第2の磁性層の表面と第3の磁性層と結合する態様と、第2の磁性層の表面および側面と第3の磁性層とを結合する態様と、第2の磁性層の表面、側面および端面と第3の磁性層とを結合する態様とがある。

本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法においては、前記ギャップ層を形成するに際しては、前記第1の磁性層の少なくとも磁極部分および帯状絶縁層を覆うとともにさらに帯状絶縁層よりも後方領域をも覆うのが好適である。

また、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法においては、前記第2の磁性層を形成するに際し、第1の磁極部分だけでなく、それよりも後方の帯状絶縁層の表面

まで延在させるのが好適である。この場合、第2の磁性層の後方部分の幅を次第に拡大させるのが好適である。

さらに、本発明の薄膜磁気ヘッドの製造方法の好適な実施例においては、前記帯状絶縁層をリング状とし、前記薄膜コイルを形成するに先立ち、第2の磁性層およびリング状絶縁層の表面ならびにこのリング状絶縁層で囲まれた内部領域を、非磁性非導電性の膜で覆うのが好適である。この場合、第2の磁性層の後方部分の表面と非磁性非導電性の膜の表面とを平坦に研磨するのが特に好適である。このように平坦な表面とすることによって薄膜コイルを一層正確に形成することができる。

本発明による薄膜磁気ヘッドの製造方法においては、前記第3の磁性層を形成するに際し、その先端部をエアベアリング面から後退させ、この第3の磁性層と第2の磁性層との接触部がエアベアリング面に露出しないようにするのが好適である。

さらに、本発明による薄膜磁気ヘッドの製造方法においては、前記基体と第1の磁性層との間に、電気的に絶縁されるとともに磁気的に遮蔽された読取用の磁気抵抗再生素子を形成することにより複合型薄膜磁気ヘッドを構成することができる。この場合、前記基体上に磁気遮蔽を行う第1のシールド層を形成し、その上にシールドギャップ層中に埋設させて磁気抵抗材料膜を形成した後、第2のシールド層を兼ねた前記第1の磁性層を形成し、前記エアベアリング面を形成するための研磨工程において、前記第1のシールド層およびシールドギャップ層を研磨すると共に上記磁気抵抗材料膜をも研磨して端面がエアベアリング面に露出する磁気抵抗再生素子を形成するのが好適である。

#### 図面の簡単な説明

図1aおよび1b～9aおよび9bは、従来の標準的な薄膜磁気ヘッドの順次の製造工程を、エアベアリング面に垂直に切った断面図およびエアベアリング面に平行に切った断面図、

図10は、完成した従来の薄膜磁気ヘッドをエアベアリング面に垂直に切った断面図、

図11は、完成した従来の薄膜磁気ヘッドの磁極部分をエアベアリング面に平行に切った断面図、

図12は、完成した従来の薄膜磁気ヘッドの平面図、

図13aおよび13b～18aおよび18bは、本発明による薄膜磁気ヘッドの一実施例の順次の製造工程を、エアベアリング面に垂直に切って示す断面図およびエアベアリング面に平行に切って示す断面図、

図19は、図18に示す第2の磁性層を示す平面図、

図20は、第2の磁性層の形状の他の例を示す平面図、

図21aおよび21b～25aおよび25bは、その後の順次の製造工程を示すエアベアリング面に垂直に切った断面図およびエアベアリング面に平行に切った断面図、

図26は、第2の磁性層の形状に対する、好適な第3の磁性層の形状を示す平面図、

図27aおよび27bは、完成した本発明による薄膜磁気ヘッドをエアベアリング面に垂直に切った断面図およびエアベアリング面に平行に切った断面図、

図28は、完成した本発明による薄膜磁気ヘッドの平面図、

図29aおよび29bは、本発明による薄膜磁気ヘッドの他の例のエアベアリング面に垂直に切った断面図およびエアベアリング面に平行に切った断面図、

図30a～30iは、本発明による薄膜磁気ヘッドの帯状絶縁層の数例を示す平面図、

図31aおよび31b～34aおよび34bは、本発明による複合型薄膜磁気ヘッドの製造方法の第2の実施例における順次の製造工程を、エアベアリング面に垂直に切って示す断面図およびエアベアリング面に平行に切って示す断面図、

図35は、図34の状態を示す平面図、

図36aおよび36b～37aおよび37bは、次の工程を示すエアベアリング面に垂直な断面図およびエアベアリング面に平行な断面図、

図38は、図37の状態を示す斜視図、

図39aおよび39b～40aおよび40bは、次の工程を示すエアベアリング面に垂直な断面図およびエアベアリング面に平行な断面図、

図41は、図40の状態を示す斜視図、

図42aおよび42bは完成した薄膜磁気ヘッドを示すエアベアリング面に垂直な断面図およびエアベアリング面に平行な断面図、

図43は、本発明による薄膜磁気ヘッドの他の実施例における帯状絶縁層の形状を示す平面図、

図44は、本発明による薄膜磁気ヘッドの他の実施例における帯状絶縁層の形状を示す平面図である。

図45は、本発明による薄膜磁気ヘッドのさらに他の実施例における第2の磁性層の連結部分の形状を示す線図的な平面図である。

#### 好適実施例の説明

図13～26に、本発明に従う薄膜磁気ヘッドの製造要領を工程順に示し、また図27、28には、完成した本発明の薄膜磁気ヘッドを縦断面および平面でそれぞれ示す。なお、各工程図において、(a)は薄膜磁気ヘッド全体の断面図、(b)は磁極部分の断面図である。また、この実施例の薄膜磁気ヘッドは、誘導型の書き用薄膜磁気ヘッドおよび読み取り用のMR再生素子を積層した複合型である。

まず、図13aおよび13bに示すように、AlTiCより成る基体21の一方の表面上に例えればアルミナ( $Al_2O_3$ )からなる絶縁層22を約3～5  $\mu m$ の厚みに堆積する。

ついで、図14aおよび14bに示すように、下部シールド層23を形成するために、アルミナ絶縁層22の上にフォトレジスト膜をマスクとしてスパッタリング法によりパーマロイを約3  $\mu m$ の厚みで選択的に形成する。

次に、図15aおよび15bに示すように、約4～6  $\mu m$ の厚さでアルミナの絶縁層24'を形成し、例えればCMPで平坦化したのち、図16aおよび16bに示すように、シールドギャップ層24として、アルミナを100～200 nmの厚みでスパッタ堆積させ、ついでMR再生素子を構成する磁気抵抗層25を数十nmの厚みに形成し、高精度のマスクアライメントで所望の形状とした後、再度、シールドギャップ層26を形成して、磁気抵抗層25をシールドギャップ層24、26内に埋設する。ついで、約3～4  $\mu m$ の厚さで第1の磁性層27を選択的に形成する。

その後、段差をなくすために、表面全体にアルミナ層を5～6  $\mu m$ 厚みに形成

した後、C M P にて第 1 の磁性層27の表面を露出させると共に、表面全体を平坦化する（図示省略）。

次に、図17 a および17 b に示すように、磁極部分側の端縁が、スロートハイト THやアペックスアングルを決定する基準位置となる部分を少なくとも有する帯状の絶縁層28を、フォトレジストにて厚さ  $2 \sim 5 \mu\text{m}$  、幅  $3 \sim 7 \mu\text{m}$  程度に形成する。なお、この例では、上記のような帯状の絶縁層としてリング状の絶縁層を形成するが、本発明によれば必ずしもリング状に形成する必要はない。すなわち、帯状絶縁層28は、スロートハイト THに対する基準位置を規定する部分があれば十分であり、内側の部分は必要ではない。しかし、このような内側の部分を含むようにリング状に帯状の絶縁層28を形成しておくと、その後の薄膜コイルの形成を正確に行えるという利点がある。

ついで、図18 a および18 b に示すように、アルミナからなるライトギャップ絶縁層29を、少なくとも第 1 の磁性層の磁極部分およびリング状絶縁層28の上に  $100 \sim 300 \text{ nm}$  厚みに形成する。この時、図示したように、リング状絶縁層28の内部の部分もライトギャップ層29を形成する非磁性薄膜層で覆うことが、第 1 の磁性層27との間の絶縁性を確保する上で有利である。このように、リング状の絶縁層28の表面をアルミナ絶縁層29で覆うようにすると、以下の利点がある。

すなわち、スロートハイト THは、リング状絶縁層28の磁極部分側の端縁とエアベアリング面との間の距離として定義されるが、実際の製造過程においては、絶縁層28の端縁の位置は見えないので、この端縁が所望の位置に形成されているものとし、この端縁を基準位置として所望のスロートハイト THが得られるようにエアベアリング面を研磨している。

一方、その後に薄膜コイルを形成する際には、 $250^\circ\text{C}$  程度の熱処理が施されるが、この加熱によってリング状絶縁層28を構成するフォトレジスト層が溶融し、絶縁層のパターンの寸法が変動する。これによってフォトレジスト絶縁層28の上述した端縁位置も変動することになり、その結果としてこの端縁を基準位置として形成される磁極部分の長さであるスロートハイト THの寸法も所望の設計値からずれてしまうおそれがあった。

また、エアベアリング面からの磁気抵抗再生素子の高さとして定義されるMRハ

イトMRHも、上述したスロートハイトTHと同様、エアベアリング面を研磨する際の研磨量によって決められるが、この研磨もリング状絶縁層28の磁極部分側の端縁を基準位置として行われるので、この絶縁層の端縁位置が熱処理によって変動すると、MRハイトMRHも変動することになり、設計値通りに製造することができなくなる。

さらに、リング状絶縁層28および後述する薄膜コイルを絶縁分離する絶縁層を構成するフォトレジスト層33、36が溶融すると、これらの絶縁層の側面の傾斜角度によって規定されるアペックスアングルθも変動するおそれがある。このアペックスアングルθも薄膜磁気ヘッドの特性に影響し、その変動によって特性が不良となることがしばしばある。

従って、薄膜コイルを形成する際に付加される250°C程度の熱処理によってもリング状絶縁層を構成するフォトレジスト層の端縁が変動しないようにすることが重要なわけであるが、この点、図17aおよび17bに示したように、リング状のフォトレジスト絶縁層28を形成したのち、ライトギャップのアルミナ絶縁層29を形成し、このフォトレジスト絶縁層28をアルミナ絶縁層29で覆うようにすると、上記のような熱処理によってもフォトレジスト絶縁層28の端縁位置は変動しなくなるので、スロートハイトTHは勿論、MRハイトMRHやアペックスアングルθの所望設計値からのずれを効果的に抑制することができる。

ついで、図18aおよび18bに示すように、書き込みトラック幅Wを決定する第2の磁性層（ポールチップ）30を約1～4μmの厚さで選択的に形成する。その後、ポールチップ周辺のライトギャップを選択的に開口し、露出した第1の磁性層27を例えればイオンミリングでエッチングして、磁極部分を形成する。

なお、本発明において、磁極部分とは、図18aにHで示したように、リング状絶縁層28の外周端縁から積層体の端面までの、第1の磁性層27とライトギャップ層29と第2の磁性層30とが幅W（図18b参照）で接合している領域をいう。従って、製品段階において、この端面を研磨してエアベアリング面を形成した場合には、磁極部分は、リング状絶縁層28の外周端縁からエアベアリング面までの領域となり、これはスロートハイトTHに一致する。

さて、本発明では、上記したようなポールチップの形成に際し、図19に示すよ

うに、第2の磁性層30を、磁極部分のみならず、それよりも後方のリング状絶縁層28の表面まで延在させることが重要である。従来、ポールチップ上に上部ポールを接触させて形成する際、ポールチップと上部ポールの接触面積が小さく、しかも接触部が垂直に接していることから、この部分で磁束が飽和し易く、そのため、十分に満足いくほどの書き込み特性が得られなかった。しかし、本発明では、ポールチップと上部ポールとの接触領域を、磁極部分だけでなく、それよりも後方の領域まで延在させることによって、このような磁束の飽和のおそれを効果的に解消することができ、その結果、十分に満足いく書き込み特性を得ることができる。ここに、接触面積が十分に確保されている場合には、ポールチップと上部ポールの接触領域は、磁極部分よりも後方の領域のみとしても良い。なお、この明細書において、後方とは、エアベアリング面とは反対の方向を意味する。

ここに、磁極部分よりも後方の領域におけるポールチップの形状については、特に制限はなく、図19に示したように、後方に真っ直ぐ延びるような形状であっても、また図20に示すように、後方に行くに従って次第に広がっていくような形状であっても良く、要は、磁極部分よりも後方の領域においてポールチップと上部ポールとが接触していれば良いのである。

なお、ポールチップの、磁極部分よりも後方への延在長さは、リング状絶縁層28の幅を超えない $2 \sim 5 \mu\text{m}$ 程度、特に好ましくはトップポールの厚み程度とするのが望ましい。

また、図20に示す実施例では、磁極部分よりも後方の領域におけるポールチップの幅広がり角度をほぼ $90^\circ$ としたが、この幅広がり角度はこれだけに限るものではなく、 $180^\circ$ 以内であれば何ら問題はなく、特に好ましい角度範囲は $45 \sim 180^\circ$ である。

このように、ポールチップの後端が、図20に示したように扇状に広がっていると、上述したように磁束の飽和が生じないだけではなく、後端部を大きくすることによって、フォトリソグラフィーによる正確なパターンエッジがコントロールできるため、スロートハイトTHのより一層正確なコントロールが可能となる利点もある。

上述のようにして、第2の磁性層30を形成したのち、リング状の絶縁層28に

よって囲まれる部分に第1層目の薄膜コイルを形成するのであるが、このような薄膜コイルの形成に先立ち、図21aおよび21bに示すように、0.5～1.5  $\mu$ m程度の膜厚の、例えばアルミナからなる非磁性非導電性の膜31で覆う。少なくとも薄膜コイルの形成領域を予めこのような非磁性非導電性膜31で覆うことによって、第1の磁性層27と薄膜コイルとの絶縁性および磁場の漏れを効果的に防止することができる利点がある。また、本例のように、リング状の絶縁層28の内部だけではなく、その上ならびに第2の磁性層（ポールチップ）30の表面全体を覆うのが特に好適である。

ついで、図22aおよび22bに示すように、リング状の絶縁層28で挟まれた領域に、例えば銅よりなる第1層目の薄膜コイル32を形成したのち、高精度のマスクアライメントにより、絶縁性のフォトレジスト層33を形成し、その後、表面を平坦にするために、例えば250°C程度の温度で焼成する。このように、本発明では、リング状の外壁絶縁層28で囲まれた領域に第1層目の薄膜コイル32を形成するので、全体的な薄膜コイル高さを低くすることができる。すなわち、従来は、薄膜コイルは絶縁層の上に形成されていたため、記録ヘッドの性能を上げるべく、薄膜コイルを2層、3層と多層に形成した場合にはコイル部分の高さが高くなり、それに伴って記録ヘッドのトラック幅を小さくすることが困難になっていたのであるが、本発明では、少なくとも第1層目の薄膜コイルがリング状の絶縁層28の内側に形成されているので、その分全体的にアペックス高さを低くすることができる。他方、アペックス高さを従来程度とした場合には、その分コイルの巻き数を多くできるので、性能の向上が期待できる。

ついで、全体に4～5  $\mu$ m厚のアルミナ絶縁層34を形成したのち、図23aおよび23bに示すように、例えばCMPにて平滑化し、第1層目の薄膜コイル32の表面は絶縁層34で覆う一方、ポールチップ（第2の磁性層）および第1層目薄膜コイルの接続面ならびに下部ポールと上部ポール（第3の磁性層）を接続するためのスルーホール（図示省略）を露出させる。

その後、図24aおよび24bに示すように、第2層目の薄膜コイル35を形成したのち、この薄膜コイル35の上に高精度マスクアライメントでフォトレジスト層36を形成した後、再度表面を平坦化するために、例えば250°Cで焼成する。

次に、図25aおよび25bに示すように、第2の磁性層（ポールチップ）30およびフォトレジスト層36の上に、例えばパーマロイよりなる第3の磁性層（上部ポール）37を3 $\mu$ mの厚みで所望のパターンに従って選択的に形成する。

ここに、第3の磁性層37を形成するに際しては、図25aに示したように、その先端部がエアベアリング面からスロートハイトTH相当分程度後方（図中に記号Lで示す）に位置するようなパターンで設けることが好ましい。その理由は、前述したとおりポールチップと上部ポールの位置関係がエアベアリング面から見て片側に大きく位置ずれした場合、上部ポールでもデーターの書き込みを行うケースが生じ、実効トラック幅が広くなる不利が生じるのであるが、第3の磁性層の先端部をエアベアリング面から後退させて設けておけば、このような不具合が生じるおそれがなくなるからである。

なお、従来、上部ポールの先端を、エアベアリング面よりも後方に位置させた場合、ポールチップと上部ポールの接触面積が減少するため、磁束の飽和を余儀なくされていたのであるが、本発明では、磁極部分よりも後方の領域で両者の接触面積が十分に確保されているので、上部ポールの先端をエアベアリング面から後退させたとしても、磁束が飽和するおそれはない。

また、第3の磁性層37を形成するに際しては、図20に示したように、第2の磁性層30の形状に沿うような形状とすることが望ましい。さらに、図26に示すように、第2の磁性層30の幅広がり角度が30~60°と幾分小さい場合には、最初は第2の磁性層の形状に沿うように、第3の磁性層37についても幅広がり角度：30~60°で形成し、後半部分については所望の幅広がり角度となるように形成するようにしても良い。

このように、第3の磁性層37の形状を後方に行くにしたがって幅広がりとして第2の磁性層30を覆うようにすると、ポールチップ30と上部ポール37に位置合わせ誤差が生じたとしても、全体として接触面積の変動は少ないので、磁束の飽和が生じることはない。

なお、この第3の磁性層37は、磁極部分から離れた後方位置において、スルーホールを介して第1の磁性層27と接触し、第1および第2、3の磁性層によって構成される閉磁路を薄膜コイル32、35が通り抜ける構造になっている。

ついで、図27aおよび27bに示すように、第3の磁性層37の露出表面の上にアルミナ等からなるオーバーコート層38を堆積する。

最後に、磁気抵抗層25やギャップ層29を形成した側面を研磨して、図27、図28に示すように、磁気記録媒体と対向するエアベアリング面39を形成する。

この際、リング状絶縁層28の磁極部分側の端縁を、エアベアリング面39に対する基準位置とすることにより、所望設計値どおりに正確にスロートハイトTHやMRハイトMRH、さらにはアペックスアングルθを決定することができる。

図29aおよび29bは本発明による薄膜磁気ヘッドの他の実施例の構造を示す断面図であり、本例ではポールチップ30を厚く形成する。このようにポールチップ30を厚くすることによって、上部ポール37のエアベアリング面39からの後退距離を大きくすることができ、その結果、エアベアリング面での加工のバラツキにより、上部ポール37がエアベアリング面側に近くなつた時に発生する他のトラックへの書き込み、すなわち実効トラック幅の拡大を一層効果的に防止することができる。

以上、実施例では、磁極部分側の端縁が、エアベアリング面に対する基準位置となる部分を少なくとも有する帯状の絶縁層28として、図30(a)に示すような橜円形のリング状の絶縁層を形成する場合について主に説明したが、本発明における帯状絶縁層とは、このようなリング状絶縁層をだけに限られるのではなく、同図b、cに示すような広い意味でリング状絶縁層に該当するものは勿論、同図d、e、fに示すような長円形や八角形や矩形のリング状絶縁層の一部分の形状としたもの、さらには同図g、h、iに示すようなわゆる線状の絶縁層をも含むものとすることができる。

以下、図31～42を参照して本発明による薄膜磁気ヘッドおよびその製造方法の第2の実施例を説明する。なお、これらの図面において、エアベアリング面に垂直な面で切った断面図をaで示し、磁極部分をエアベアリング面に平行な面で切った断面図をbで示した。また、本例でも、基体の上に読み取り用の磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドを形成し、その上に書き込み用の誘導型薄膜磁気ヘッドを積層した複合型薄膜磁気ヘッドとしたものである。

アルティック (AlTiC) より成る基体本体 7 1 の一方の表面に、約 3 ~ 5  $\mu\text{m}$  の膜厚でアルミナより成る絶縁層 7 2 を形成した様子を図 3 1 a および 3 1 b に示す。これら、基体本体 7 1 および絶縁層 7 2 を、本明細書においては、基体またはウエファ 7 3 と称する。また、本明細書において、絶縁層とは、少なくとも電気的な絶縁特性を有する膜を意味しており、非磁性特性はあってもなくても良い。しかし、一般には、アルミナのように、電気絶縁特性を有しているとともに非磁性特性を有する材料が使用されているので、絶縁層と、非磁性層と同じ意味に使用する場合もある。

また、実際の製造では、多数の複合型薄膜磁気ヘッドをウエファ上にマトリックス状に配列して形成した後、ウエファを複数のバーに切断し、各バーの端面を研磨してエアベアリング面を形成し、最後にバーを切断して個々の複合型薄膜磁気ヘッドを得るようにしているので、製造途中では端面が現れないが、説明の便宜上、この端面を示している。

次に、基体 7 3 の絶縁層 7 2 の上に、磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドに対するボトムシールド層 7 4 をパーマロイにより約 3  $\mu\text{m}$  の膜厚に形成する。このボトムシールド層 7 4 は、フォトレジストをマスクとするメッキ法によって所定のパターンにしたがって形成する。

次に、図 3 2 a および 3 2 b に示すように、ボトムシールド層 7 4 の上にアルミナより成るシールドギャップ層 7 5 に埋設された GMR 層 7 6 を形成する。このシールドギャップ層 7 5 の膜厚は 0. 2  $\mu\text{m}$  とすることができる。さらに、GMR 層 7 6 を埋設したシールドギャップ層 7 5 の上に、GMR 層に対するトップシールドを構成するとともに誘導型薄膜磁気ヘッドのボトムポールを構成する第 1 の磁性層 7 7 をパーマロイにより 3 ~ 4  $\mu\text{m}$  の膜厚に形成する。

次に、図 3 3 a および 3 3 b に示すように、この第 1 の磁性層 7 7 と後に形成する薄膜コイルとを絶縁するとともに磁束の漏れを抑止するために、0. 3 ~ 0. 7  $\mu\text{m}$  の膜厚のアルミナより成る絶縁層 7 8 を第 1 の磁性層 7 7 の上に形成し、さらにその上に酸化シリコンより成る絶縁層 7 9 を 0. 5 ~ 2. 0  $\mu\text{m}$  の膜厚で形成する。この酸化シリコンより成る絶縁層 7 9 は、基板を 150 °C の温度で加熱してプラズマ CVD で形成するが、常温でのスパッタリングで形成すること

もできる。また、本例では酸化シリコンを用いるが、アルミナ、窒化シリコンなどの無機絶縁材料を用いることもできる。

次に、酸化シリコンより成る絶縁層を選択的にエッチングしてリング状の絶縁層79を形成した後、アルミナより成る絶縁層78をCF<sub>4</sub>、SF<sub>6</sub>などのフレオン系のガスまたはCl<sub>2</sub>、BCl<sub>2</sub>などの塩素系ガスを用いるリアクティブイオンエッチングによって選択的にパターニングした様子を図34aおよび34bに示す。図35は、このように形成したリング状絶縁層79の形状を示す平面図である。また、リング状絶縁層79のほぼ中央の位置においては、絶縁層78に開口78aが形成されており、そこには第1の磁性層77が露出している。なお、図35には、図面を明瞭とするために、後に形成するポールチップを構成する第3の磁性層や薄膜コイルを仮想線で示してある。

次に、アルミナより成るライトギャップ層80を、露出している第1の磁性層77の表面および絶縁層78および79の表面に、0.1～0.3μmの膜厚で所定のパターンにしたがって形成した様子を図36aおよび36bに示す。本発明では、上述したリング状の絶縁層79の膜厚は、ライトギャップ層80の膜厚よりも相当厚くなっている。続いて、高い飽和磁束密度を有する磁性材料を3～4μmの膜厚に堆積して、記録トラックの巾を規定するポールチップを構成する第2の磁性層81を形成する。この高い飽和磁束密度を有する磁性材料としては、NiFe(50%，50%)やFeNとすることができる。また、ポールチップを構成する第2の磁性層81はメッキ法で所定のパターンに形成するか、スパッタ後、ドライエッチングで所定のパターンとすることができる。

本発明においては、図35の平面図に示すようにこのポールチップを構成する第2の磁性層81には、磁極部分81aと、リング状の絶縁層79の上まで延在する連結部分81bとを設け、この連結部分の幅は後方に行くにしたがって徐々に広くなるような形状に形成することができる。その形状は、例えば図35に示した3角形状や5角形状とすることができます。また、第2の磁性層81の磁極部分81aの巾Wによって記録トラックの巾が決まるので、その巾は0.5～1.2μmと狭くする。

次に、第2の磁性層81のポールチップを構成する磁極部分81aをマスクと

して、 $CF_4$ 、 $SF_6$ などのフレオン系のガスまたは $Cl_2$ 、 $BCl_2$ などの塩素系ガスを用いるリアクティブイオンエッティングを施して磁極部分 81a に隣接するライトギャップ層 80 を選択的に除去して下側の第 1 の磁性層 77 を露出させた後、第 2 の磁性層 81 の磁極部分 81a およびリング状絶縁層 79 をマスクとしてアルゴンガスを用いるイオンビームエッティングを施して、第 1 の磁性層 77 の表面を約 0.5  $\mu m$  の深さだけ除去してトリム構造を形成した様子を図 37a および 37b に示す。また、この状態における磁極部分の構成を図 38 において斜視図でも示す。

本例においては、リング状絶縁層 79 を無機絶縁材料で形成したため、トリム構造を得るためのリアクティブイオンエッティングおよびそれに続くイオンビームエッティング処理によっても絶縁層の端縁の位置が後退したり剥離したりすることはない。したがって、製造の歩留りおよび耐久性を向上することができる。

次に、リング状絶縁層 79 によって囲まれる空間内にフォトレジスト 82 によって絶縁分離された状態で支持された第 1 層目の薄膜コイル 83 を形成するとともにフォトレジスト 84 によって絶縁分離された状態で支持された第 2 層目の薄膜コイル 85 を形成した様子を図 39a および 39b に示す。本例では、フォトレジスト 82、84 と第 2 の磁性層 81 との間に 2~3  $\mu m$  の空隙が形成されるようにする。

続いて、図 40a および 40b に示すようにエアベアリング面側の先端が第 2 の磁性層 81 の連結部分 81b と連結されるとともにエアベアリング面とは反対側の端部が絶縁層 78 にあけた開口 78a を経て第 1 の磁性層 77 と連結された第 3 の磁性層 86 を 3~4  $\mu m$  の膜厚に所定のパターンにしたがって形成する。本例においては、第 2 の磁性層 81 の連結部分 81a の表面のみならず、その側面および端面との接触するように第 3 の磁性層 86 を形成するが、その様子を図 41 に示す。このようにして第 2 の磁性層 81 と第 3 の磁性層 86 との接触面積を大きくすることができ、したがって接触部分での磁束の漏れを一層有効に抑止することができる。このような効果は、特にポールチップを構成する第 2 の磁性層 81 の幅を、例えば 1  $\mu m$  以下と小さくした場合にきわめて有効である。

さらに全体の上にアルミナより成るオーバーコート層 87 を 20~30  $\mu m$  の

膜厚に形成した様子を図42aおよび42bに示す。上述したように実際に薄膜磁気ヘッドを量産する場合には、ウエファをバーに切断した後、バーの側面を研磨してエアベアリング面を形成するが、本例では、リング状絶縁層79のエアベアリング面側端縁の位置をスロートハイト零の位置の基準としており、この位置はプロセス中変動する事がないので、所望の設計値通りのスロートハイトTHを容易に得ることができる。

上述した実施例においては、膜厚の厚い帯状の絶縁層79をリング状とし、その内部に薄膜コイル83, 85を配設したが、本発明によれば、この帯状の絶縁層79は必ずしもリング状とする必要はなく、例えば図43に示すように棒状としたり、図44に示すように直線状とすることもできる。何れにしても、本発明による帯状の絶縁層79は、そのエアベアリング面側の端縁がスロートハイト零の位置を規定するものであって、膜厚がライトギャップ層の膜厚よりも厚いものであれば、例えば図30A～30Iに示すようにどのような形状のものとしても良い。

また、上述した実施例では、第2の磁性層81の連結部分81bと第3の磁性層86とは、表面、側面および端面で接触するようにしたが、図44に示すように第3の磁性層86を、第2の磁性層81の連結部分81bの表面および側面とだけ接触させてもよい。

本発明は上述した実施例にのみ限定されるものではなく、幾多の変更や変形が可能である。例えば、上述した実施例においては、第2の磁性層の後方の連結部分およびこれと重なる第3の磁性層の先端部分の幅をエアベアリング面から見て徐々に広がるものとしたが、図45に示すように、第2の磁性層91の磁極部分91aと連結部分91bとの繋がり部分が直角となるように形成しても良い。この場合には、第2の磁性層91の連結部分91aの広がり角度は180°になると見做すことができる。また、この第2の磁性層91の連結部分91bと重なる第3の磁性層96の部分の形状も連結部分の形状に合わせて一定の幅を有するものとすることができます。このように広がり角度を180°とする場合でも、オーバーライト特性や実効トラック幅の増大を抑えることができることを実験により確かめた。

また、上述した実施例では、基体上に読み取り用の磁気抵抗効果型薄膜磁気

ヘッドを設け、その上に書き込み用の誘導型薄膜磁気ヘッドを積層した構成としたが、これらの薄膜磁気ヘッドの積層順序を逆とすることもできる。また、上述した実施例では、磁気抵抗素子をGMR素子としたが、AMR素子とすることもできる。

さらに、本発明はこのように読み取り用の薄膜磁気ヘッドを磁気抵抗効果型のものとしたが、それ以外の読み取り用薄膜磁気ヘッドを用いることもできる。また、読み取り用の薄膜磁気ヘッドは必ずしも設ける必要はなく、誘導型薄膜磁気ヘッドだけを設けることもできる。

本発明において、第2の磁性層すなわちポールチップ用の材料としては、前述したパーマロイ (Ni: 50wt%、Fe: 50wt%) や窒化鉄 (FeN) の他、Fe-Cr-Zr系アモルファス合金やFe-C系アモルファス合金等のとくに飽和磁束密度の高い材料を有利に使用することができる。

なお、これらの材料は、2種類以上重ねて使用しても何ら差し支えない。

また、第1および第3の磁性層用の材料としては、前述したパーマロイ (Ni: 80wt%、Fe: 20wt%) の他、従来公知の各種高飽和磁束密度材料を好適に使用することができる。

さらに、ライトギャップ層用材料としては、 $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$  等の酸化物や  $AlN$ 、 $BN$ 、 $SiN$  等の窒化物、さらには  $Au$ 、 $Cu$ 、 $NiP$  等の導電性非磁性材料などが有利に適合する。

なお、上記の図示例では、磁極部分側の端縁が、エアベアリング面に対する基準位置となる絶縁層を、フォトレジスト層で形成した場合について主に説明したが、この絶縁層は、アルミナ層やシリコン酸化層、シリコン窒化層等で形成しても良い。

さらに、上述した第1の実施例では絶縁層28をフォトレジストで形成し、第2の実施例では絶縁層78を酸化シリコンで形成したが、これら以外の有機および無機絶縁材料で形成することもできる。ただし、トリム構造を形成する際のエッティングに対するマスクとしての機能の点からすれば、無機絶縁材料を以て形成するのが好適である。

上述した本発明によれば、第1の磁性層上に、磁極部分側の端縁が、エアベア

リング面に対する基準位置となる帯状の絶縁層を設け、この絶縁層をライトギヤップ層を構成するアルミナ層で覆うようにすれば、薄膜コイル形成時に付加される熱処理によっても絶縁層は溶融せず、その端縁位置が変動することはないで、スロートハイトTH、MRハイトMRH、さらにはアペックスアングルθを所望の設計値どおりに形成することができる。

従って、本発明によれば、MRハイトMRHとスロートハイトTHとの間に常に所望の関係が得られるので、記録ヘッドと再生ヘッドのバランスを最良の状態に保つことができ、その結果、高性能の複合型薄膜磁気ヘッドを得ることができる。

また、本発明によれば、第2の磁性層（ポールチップ）と第3の磁性層（上部ポール）を、磁極部分のみならず、それよりも後方の広い領域で接触させているので、コイルで発生させた磁気を途中で飽和させることなく、第2の磁性層と第3の磁性層との接触部分での磁束の漏れを抑止することができ、きわめて幅の狭い記録トラックにデータを効率良く記録することができ、従って、十分に満足のいく書き込み特性を得ることができる。すなわち、第2の磁性層の後方に延在させた連結部分の表面、表面と側面、表面、側面および端面においても第3の磁性層と接触させるようにしたので、大きな接触面積が得られる。

しかも、第2の磁性層の後端部を広げることによって、上部ポールとポールチップとの接触面積を大きくとることができるので、この部分における磁束の飽和を効果的に防止することができる。

加えて、第3の磁性層の形状を幅広がり状として、第2の磁性層を覆うようにすると、両者の位置合わせに誤差が生じたとしても全体として接触面積の変動は少ないので、磁束の飽和を防止することができる。

さらに、本発明に従い、第3の磁性層の先端部をエアベアリング面よりも後退させ、この第3の磁性層と第2の磁性層との接触部がエアベアリング面に露出しないようにすることにより、仮にポールチップと上部ポールの位置関係にエアベアリング面から見て位置ずれが生じたとしても、上部ポールによって書き込みを行うような、実効トラック幅の広がりを効果的に防止することができる。

またさらに、本発明によれば、従来よりもアペックスの高さを低くすることができるので、記録ヘッドのトラック幅を効果的に小さくすることができ、他方、

アペックス高さを従来程度とした場合には、その分コイルの巻き数を増大できるので、書き込み性能を向上させることができる。

さらに、膜厚の厚い帯状の絶縁層をリング状に形成し、その内側に薄膜コイルを設けた構成では、薄膜コイルを2層、3層としてもその高さをほぼ絶縁層の膜厚分だけ減少させることができ、したがってアペックスアングルを小さくすることができ、それだけ薄膜コイルのコイル巻回体の巻回数を多くすることができ、効率を向上することができる。

さらに、第2の実施例で示したように、膜厚の厚い帯状の絶縁層を無機材料で形成する場合には、トリム構造を形成するためのエッティング処理中、無機絶縁層の端縁の後退がないので、トップポールを構成する第2の磁性層の下側の絶縁層部分が破損して剥離したり、位置がずれたりすることなく、したがって薄膜磁気ヘッドの特性の劣化を抑止することができる。また、このように絶縁層部分の剥離がないので、そこにオイルや研磨液が溜まることなく、歩留りが向上するとともに耐久性も向上することになる。

クレーム

1. 磁極部分を有する第1の磁性層と、

磁気記録媒体と対向し、記録トラックの幅を規定する幅を有する磁極部分を有し、この磁極部分の端面が上記第1の磁性層の磁極部分の端面と共にエアベアリング面を構成する第2の磁性層と、

この第2の磁性層に、上記第1の磁性層側とは反対側で接触し、エアベアリング面から離れた後方位置において第1の磁性層と磁気的に連結された第3の磁性層と、

少なくとも上記エアベアリング面において第1の磁性層の磁極部分と第2の磁性層の磁極部分との間に介挿された非磁性材料よりなるギャップ層と、

上記第1の磁性層と第2および第3の磁性層との間に、絶縁材料によって絶縁分離された状態で支持された部分を有する薄膜コイルと、

上記第1、第2および第3の磁性層、ギャップ層および薄膜コイルを支持する基体と、

を具え、

上記第1の磁性層上に、磁極部分側の端縁が、エアベアリング面に対する基準位置となる部分を少なくとも有する帯状またはストリップ状の絶縁層を設け、少なくともこの絶縁層の第1の磁性層とは反対側の表面を上記ギャップ層を形成する非磁性薄膜層で被覆し、上記帯状絶縁層の後方領域に上記薄膜コイルを配設した薄膜磁気ヘッド。

2. 前記第2の磁性層の表面のみにおいて第3の磁性層と結合させたクレーム1の薄膜磁気ヘッド。

3. 前記第2の磁性層の表面および側面において第3の磁性層と結合したクレーム1の薄膜磁気ヘッド。

4. 前記第2の磁性層の表面、側面および端面と第3の磁性層とを結合したクレーム1の薄膜磁気ヘッド。

5. 前記帯状の絶縁層を有機絶縁材料で形成したクレーム 1 の薄膜磁気ヘッド。
6. 前記帯状の絶縁層をフォトレジストで形成したクレーム 5 の薄膜磁気ヘッド。
7. 前記帯状の絶縁層を無機絶縁材料で形成したクレーム 1 の薄膜磁気ヘッド。
8. 前記帯状の絶縁層をアルミナ、酸化シリコン、窒化シリコンより成る群から選択した無機絶縁材料で形成したクレーム 7 の薄膜磁気ヘッド。
9. 前記帯状の絶縁層の膜厚を、 $2 \sim 5 \mu\text{m}$  とし、幅を  $3 \sim 7 \mu\text{m}$  としたクレーム 1 の薄膜磁気ヘッド。
10. 前記帯状の絶縁層を、リング状とし、その内部に前記薄膜コイルを形成したクレーム 1 の薄膜磁気ヘッド。
11. 前記第 2 の磁性層を、第 1 の磁性層の磁極部分だけでなく、磁極部分よりも後方の前記帯状の絶縁層の上まで延在させて設けたクレーム 1 の薄膜磁気ヘッド。
12. 前記第 2 の磁性層の、前記帯状の絶縁層の上の連結部分の幅を、後方に行くにしたがって次第に広げたクレーム 11 の薄膜磁気ヘッド。
13. 前記第 2 の磁性層の後方部分の広がり角度を、第 3 の磁性層の広がり角度とほぼ一致させたクレーム 12 の薄膜磁気ヘッド。

14. 前記第2の磁性層の後方部分の広がり角度と、第3の磁性層の広がり角度とをほぼ30～180°としたクレーム12の薄膜磁気ヘッド。

15. 前記第1の磁性層の、ライトギャップ層を介して前記第2の磁性層の磁極部分と対向する部分に隣接する部分の膜厚を薄くしてトリム構造を形成したクレーム1の薄膜磁気ヘッド。

16. 前記第2の磁性層を、パーマロイ(Ni:50Wt%, Fe:50Wt%)や窒化鉄(FeN)やFe-Cr-Zr系アモルファス合金やFe-C系アモルファス合金などの特に飽和磁束密度が高い材料で形成したクレーム1の薄膜磁気ヘッド。

17. 前記第3の磁性層の先端部をエアベアリング面から後退させ、この第3の磁性層と第2の磁性層との接触部がエアベアリング面に露出しないように構成したクレーム1の薄膜磁気ヘッド。

18. 前記第3の磁性層の端面をエアベアリング面からほぼスロートハイドTHに等しい距離だけ後退させたクレーム17の薄膜磁気ヘッド。

19. 前記基体と第1の磁性層との間に、電気的に絶縁されると共に磁気的に遮蔽された読み取用の磁気抵抗再生素子を、その端面が上記エアベアリング面に露出するように配設して複合型薄膜磁気ヘッドとして構成したクレーム1～18の何れかの薄膜磁気ヘッド。

20. 磁極部分を有する第1の磁性層を基体によって支持されるように形成する工程と、

上記第1の磁性層の上に、磁極部分側の端縁がエアベアリング面に対する基準位置となる部分を少なくとも有する帯状の絶縁層を形成する工程と、

上記第1の磁性層の磁極部分および帯状絶縁層の上に、非磁性材料よりなるギャップ層を形成する工程と、

前記ギャップ層の、少なくとも第1の磁極部分の上にある部分の上に、第2の磁性層を形成する工程と、

上記帯状絶縁層のエアベアリング面とは反対側の後方領域に、絶縁材料により絶縁分離された状態で支持された薄膜コイルを形成する工程と、

上記第2の磁性層と結合すると共に、上記第1の磁性層と、上記エアベアリング面とは反対側の後方位置において結合する第3の磁性層を形成する工程と、

上記基体、第1および第2の磁性層の磁極部分およびこれらによって挟まれたギャップ層を研磨して磁気記録媒体と対向するエアベアリング面を形成する工程と、

を含む薄膜磁気ヘッドの製造方法。

21. 前記第2の磁性層を形成した後、第3の磁性層を形成する前に、第2の磁性層を覆うように絶縁層を形成し、この絶縁層を第2の磁性層の後方部分が露出するまで研磨して平坦面を形成し、この露出した第2の磁性層の後方部分の表面と接触するように第3の磁性層を形成するクレーム20の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

22. 前記第2の磁性層を形成した後、絶縁材料で絶縁分離された状態で支持された薄膜コイルを形成する際に、この絶縁材料で前記第2の磁性層の端面を覆うように形成し、前記第3の磁性層を、第2の磁性層の後方部分の表面および側面と接触するように形成するクレーム1の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

23. 前記第2の磁性層を形成した後、絶縁材料で絶縁分離された状態で支持された薄膜コイルを、この絶縁材料と前記第2の磁性層の端面との間に隙間ができるように形成し、前記第3の磁性層を、この隙間を埋めるように形成して第2の磁性層の後方部分の表面、側面および端面と接触させるクレーム20の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

24. 前記帯状の絶縁層を形成した後、前記ライトギャップ層を、少なくとも

前記第1の磁性層の磁極部分および帯状の絶縁層を覆うように形成するクレーム  
20の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

25. 前記ライトギャップ層を、前記帯状の絶縁層よりも後方の領域をも覆う  
ように形成するクレーム24の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

26. 前記第2の磁性層を形成するに際し、第1の磁極部分だけでなく、それ  
よりも後方の帯状絶縁層の表面まで延在させるクレーム20の薄膜磁気ヘッドの  
製造方法。

27. 前記第2の磁性層の後方部分の幅を次第に拡大させるクレーム26の薄  
膜磁気ヘッドの製造方法。

28. 前記帯状絶縁層をリング状とし、前記薄膜コイルを形成するに先立ち、  
第2の磁性層およびリング状絶縁層の表面ならびにこのリング状絶縁層で囲まれ  
た内部領域を、非磁性非導電性の膜で覆うクレーム20の薄膜磁気ヘッドの製造  
方法。

29. 前記第2の磁性層の後方部分の表面と非磁性非導電性の膜の表面とを平  
坦に研磨するクレーム28の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

30. 前記第3の磁性層を、その先端部をエアベアリング面から後退させ、こ  
の第3の磁性層と第2の磁性層との接触部がエアベアリング面に露出しないよう  
に形成するクレーム20の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

31. 前記基体と第1の磁性層との間に、電気的に絶縁されるとともに磁気的  
に遮蔽された読取用の磁気抵抗再生素子を形成して複合型薄膜磁気ヘッドを構成  
するクレーム20～30の何れかの薄膜磁気ヘッドの製造方法。

32. 前記基体上に磁気遮蔽を行う第1のシールド層を形成し、その上に絶縁層中に埋設させて磁気抵抗材料膜を形成した後、第2のシールド層を兼ねた前記第1の磁性層を形成し、前記エアベアリング面を形成するための研磨工程において、前記第1のシールド層を研磨すると共に上記磁気抵抗材料膜をも研磨して端面がエアベアリング面に露出する磁気抵抗再生素子を形成するクレーム31の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

## 要 約

第1の磁性層27の上に、エアベアリング面側の端縁がスロートハイトに対する基準位置となるリング状絶縁層28を形成し、その上にライトギャップ層29を形成した後、ポールチップを構成する第2の磁性層30を前記リング状絶縁層28の上まで延在させる。第2の磁性層30をマスクとしてエッチングを行ってライトギャップ層を選択的に除去し、さらに第1の磁性層27をその膜厚の一部に亘って除去してトリム構造を形成する。リング状絶縁層28の内部に薄膜コイル33, 35を形成した後、第3の磁性層36を、第2の磁性層31の後方部分と接触するように形成する。この接触の態様は、第2の磁性層の後方部分の表面と第3の磁性層とを接触させる態様、第2の磁性層の後方部分の表面および側面と第3の磁性層とを接触させる態様、第2の磁性層の後方部分の表面、側面および端面と第3の磁性層とを接触させる態様とがある。記録トラック幅を規定するポールチップの幅が狭く、スロートハイトも短いにも拘らず磁束の飽和や漏れが少なく、記録効率の高い薄膜磁気ヘッドする。このような優れた特性を有する薄膜磁気ヘッドを高い歩留りで容易に製造できる方法をも提供する。